



DEUTSCHES  
PATENTAMT

21 Aktenzeichen: P 31 14 060.2  
22 Anmeldetag: 7. 4. 81  
43 Offenlegungstag: 18. 3. 82

31 Unionspriorität: 32 33 31  
09.04.80 US 138796

71 Anmelder:  
Belgonucléaire S.A., 1050 Bruxelles, BE

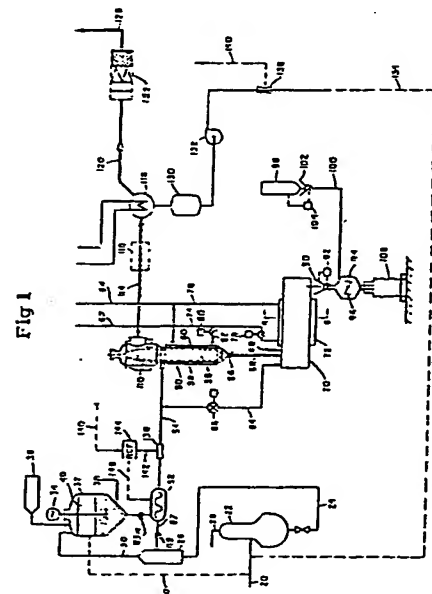
74 Vertreter:  
von Föner, A., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Strehl, P., Dipl.-Ing.  
Dipl.-Wirtsch.-Ing.; Schübel-Hopf, U., Dipl.-Chem.  
Dr.rer.nat.; Ebbinghaus, D., Dipl.-Ing.; Finck, K., Dipl.-Ing.  
Dr.-Ing., Pat.-Anw., 8000 München

72 Erfinder:  
Mergan, Leo M., 1180 Bruxelles, BE; Cordier, Jean-Pierre,  
7490 Braine-Le-Compte, BE

54 Verfahren und Vorrichtung zum Verfestigen einer Feststoffe enthaltenden radioaktiven Abfallflüssigkeit

Zum Verfestigen von radioaktiven, gelöste und/oder suspendierte Feststoffe enthaltenden Abfallflüssigkeiten werden ein Verfahren und eine Vorrichtung vorgeschlagen, bei denen eine chemische Behandlung vorgenommen wird, um den pH-Wert einzustellen und Feststoffe abzuscheiden. Die Feststoffe werden in einem Dünnschichtverdampfer konzentriert, um ein Flüssigkeitskonzentrat zu erhalten, welches etwa 50% Feststoffe enthält. Das Konzentrat wird in einer beheizten Mischvorrichtung getrocknet. Die beheizte Mischvorrichtung hat eine beheizte Wand und Bearbeitungsmittel zum Abscheren getrockneten Konzentrats von den Innenflächen und zum Unterteilen des trockenen Konzentrats in trockene pulverförmige Teilchen. Die Arbeitsmittel umfassen einen Rotor und eine wendelförmige Einrichtung, um das Konzentrat und die erhaltenen trockenen Teilchen vom Einlaß zum Auslaß der Mischvorrichtung zwangsweise vorwärts zu bewegen. Die trockenen Teilchen können auch in ein Bindemittelmaterial eingekapselt werden. In dem Dampf vom Verdampfer und Mischer mitgerissene Teilchen werden in einem integralen Teilchenseparator entfernt. Der Dampf wird dann kondensiert und kann stromauf vom Dünnschichtverdampfer rückgeführt werden. Ein Abschnitt des Mixers kann zum Mischen von trockenen Teilchen mit dem Bindemittelmaterial in einer kontinuierlichen Trocknungs- und Mischfolge verwendet werden. Weiterhin kann ein Abschnitt des Mixers zum Mischen der Behandlungskemikalie mit der Abfallflüssigkeit eingesetzt werden.

(31 14 060)



DE 31 14 060 A 1

DE 31 14 060 A 1

3114060

PATENTANWÄLTE

SCHIFF v. FÜNER STREHL SCHÜBEL-HOPF EBBINGHAUS FINCK

MARIAHILFPLATZ 2 & 3, MÜNCHEN 90  
POSTADRESSE: POSTFACH 95 01 60, D-8000 MÜNCHEN 95

ALSO PROFESSIONAL REPRESENTATIVES  
BEFORE THE EUROPEAN PATENT OFFICE

KARL LUDWIG SCHIFF (1964-1978)  
DIPLOM. CHEM. DR. ALEXANDER v. FÜNER  
DIPLOM. ING. PETER STREHL  
DIPLOM. CHEM. DR. URSULA SCHÜBEL-HOPF  
DIPLOM. ING. DIETER EBBINGHAUS  
DR. ING. DIETER FINCK

BELGONUCLEAIRE S.A.

Brüssel, Belgien

TELEFON (089) 482054  
TELEX 5-23 565 AURO D  
TELEGRAMME AUROMARCPAT MÜNCHEN

DEA-21841

Fi/Rf

7. April 1981

Verfahren und Vorrichtung zum Verfestigen einer Feststoffe ent-  
haltenden radioaktiven Abfallflüssigkeit

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Verfahren zum Verfestigen einer Feststoffe enthaltenden radioaktiven Abfallflüssigkeit, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, daß die Abfallflüssigkeit dadurch chemisch behandelt wird, daß wenigstens ein chemisches Reagens zugesetzt wird, um den pH-Wert der Flüssigkeit so einzustellen, daß er größer als 7,0 ist, daß die Feststoffe in einem Dünnschichtverdampfer mit einer erhitzten Wand dadurch konzentriert werden, daß die Abfallflüssigkeit als Film auf der Wand verteilt wird, um einen Teil der Feuchte aus der Abfallflüssigkeit zu entfernen und eine Flüssigkeitskonzentrat zu bilden, welches eine größere Konzentration an Feststoffen als die Abfallflüssigkeit hat, daß das Konzentrat in einer Mischeinrichtung getrocknet wird, die eine beheizte Wand und Rotoreinrichtungen aufweist, wobei die erhitzte Wand mit dem Konzentrat kontaktiert wird, um die restliche Flüssigkeit aus dem Abfallstoff zu entfernen und einen Feststoffabfallrest zu bilden, und der Feststoffabfallrest nacheinander in der Mischeinrichtung einer Scherwirkung zur Bildung trockener Teilchen unterworfen wird, und daß die trockenen Teilchen des Abfallmaterials in einem zweiten Material eingehüllt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch g e k e n n z e i c h -  
n e t, daß bei dem Einhüllen die trockenen Teilchen mit  
dem zweiten Material innig gemischt werden, um eine im we-  
sentlichen homogene Mischung zu bilden.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch g e k e n n z e i c h -  
n e t, daß das zweite Material Bitumen, ein synthetisches  
Harz oder anorganischer Zement ist.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch g e k e n n z e i c h -  
n e t, daß beim Trocknen das Konzentrat kontinuierlich ge-  
trocknet wird, bis die Abfallstoffteilchen im wesentlichen  
frei von freiem Wasser sind, wobei für das Umhüllen die Ab-  
fallteilchen mit einem Bindermaterial gemischt werden, um  
ein im wesentlichen homogenes Gemisch zu bilden, und dann das  
Bindermaterial verfestigt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch g e k e n n z e i c h -  
n e t, daß sowohl das kontinuierliche Trocknen als auch das  
kontinuierliche Mischen in der Mischeinrichtung durchgeführt  
werden.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch g e k e n n z e i c h -  
n e t, daß das Grundmaterial wenigstens zwei unterschiedli-  
che Bestandteile umfaßt, wobei für das Umhüllen wenigstens  
diese zwei verschiedenen Bestandteile separat den Abfallteil-  
chen an unterschiedlichen Aufgabestellen zugegeben werden,  
die am Umfang oder axial voneinander getrennt sind.
7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch g e k e n n z e i c h -  
n e t, daß aus dem feuchten Dampf mitgerissene Teilchen da-  
durch entfernt werden, daß der feuchte Dampf aus der Misch-  
einrichtung durch den Dünnschichtverdampfer abgeführt wird,  
der Einrichtungen zum Entfernen der teilchenförmigen Fest-  
stoffe aufweist.
8. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch g e k e n n z e i c h -

n e t, daß das im wesentlichen homogene Gemisch in einen Behälter abgeführt wird, der eine Wand aus einem wasser- undurchlässigen Material aufweist.

9. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch g e k e n n z e i c h - n e t, daß die chemische Behandlung ausgeführt wird, nachdem die Feststoffe im Dünnschichtverdampfer konzentriert worden sind.
10. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch g e k e n n z e i c h - n e t, daß die trockenen Teilchen des Abfallmaterials kalziniert werden, ehe sie in einem zweiten Material umhüllt werden.
11. Vorrichtung zur Verfestigung einer radioaktiven Abfallflüssigkeit, welche Feststoffe aufweist, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 10, g e k e n n z e i c h n e t durch Einrichtungen zum Behandeln einer Abfallflüssigkeit mit wenigstens einem chemischen Reagens zur Einstellung des pH-Werts der Flüssigkeit, durch einen Dünnschichtverdampfer zum Konzentrieren der Abfallflüssigkeit, der eine beheizte Wand und Rotoreinrichtungen hat, um die Abfallflüssigkeit als Dünnschicht an der Wand zu verteilen, um die Feuchte aus dem Abfallstoff zu verdampfen und um ein flüssiges Konzentrat zu bilden, welches eine größere Konzentration an Feststoffen als die Abfallflüssigkeit hat, durch eine beheizte Mischeinrichtung mit einer beheizten Wand zum Trocknen des Konzentrats und mit einer Rotoreinrichtung zum Kontaktieren des Konzentrats mit der beheizten Wand, um die Restflüssigkeit aus dem Abfallstoff zu entfernen und um einen Feststoffabfallrest zu bilden, wobei die Rotoreinrichtungen eine Vielzahl von Mischschaufeln aufweisen, um den Feststoffabfallrest zwischen den Schaufeln und der beheizten Wand und zwischen den verschiedenen Schaufeln einer Scherwirkung auszusetzen, so daß trockene Teilchen gebildet werden, und mit einer Vorschubeinrichtung, die an den trockenen Teilen an-

greift, um diese zwangsweise zu einem Auslaß an der Mischeinrichtung vorwärts zu bewegen, durch Einrichtungen zum Abführen des Konzentrats aus dem Dünnschichtverdampfer zur Mischeinrichtung, durch Einrichtungen, die dafür sorgen, daß die Abfallflüssigkeit durch den Dünnschichtverdampfer hindurchgeht und das Konzentrat zur Mischeinrichtung abgeführt wird, so daß das von der Mischeinrichtung aufgenommene Konzentrat wenigstens 30 Gew.-% Feuchte enthält, und durch

---

Einrichtungen zum Einhüllen der trockenen Teilchen der Abfallfeststoffe in einem zweiten Material.

## B e s c h r e i b u n g

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Verfestigung von flüssigen radioaktiven Abströmen aus Kernkraftanlagen und insbesondere zur Verfestigung und Umhüllung von flüssigen Abwässern mit niedrigem oder mittlerem radioaktiven Pegel aus Kernkraftwerken, Kernkraftforschungslaboratorien und Aufbereitungsanlagen. Die Erfindung eignet sich insbesondere zur Konzentration und Verfestigung von relativ verdünnten flüssigen Abwässern mit einem niedrigen Pegel aus Leichtwasserreaktoren, wie Druckwasserreaktoren und Siedewasserreaktoren.

Es ist bekannt, flüssige Abfallstoffe aus Leichtwasserreaktoren bis zu einem bestimmten Ausmaß zu konzentrieren und dann die Konzentrate in verschiedenen Arten von Bindemitteln einzuhüllen, beispielsweise Zement, Bitumen oder Kunstharzpolymere. Das Gemisch aus Abfallstoff und Bindemittel wird dann in Behältern gespeichert. Um die Abfallstoffmenge und die entsprechende Anzahl von Speicherbehältern weiter reduzieren zu können, wurde neuerdings vorgeschlagen, den Abfallstoff vollständig zu trocknen und ein trockenes Produkt in dem Bindermaterial bzw. Grundmaterial einzuschließen. Auf die dabei verwendeten und entwickelten Verfahren, um vor dem Einkapseln ein trockenes Produkt zu erhalten, wird allgemein unter "Volumenreduktion" Bezug genommen.

In dieser Beschreibung bedeuten "getrockneter Abfallstoff" und "trockenes Produkt" Abfallfeststoffe, welche im wesentlichen kein freies Wasser enthalten. Gebundenes Wasser, beispielsweise Hydratwasser oder Kristallwasser kann vorhanden sein.

Aufgrund der bei der Volumenreduktion auftretenden Probleme, die noch erläutert werden, kapseln noch viele der vorhandenen Abfallbehandlungswerke eine Form von flüssigem Konzentrat ein. Dies ergibt eine große Anzahl von Speichertonnen für radioaktiven Abfall, die vorübergehend auf der Erdoberfläche gespeichert wer-

den müssen, ehe sie permanent entweder ins Meer versenkt oder an Land vergraben werden.

Eine tatsächliche Volumenreduzierung kann zu beträchtlichen Einsparungen sowohl an Geld als auch an Arbeit aus einer Anzahl von Gründen führen. Die Menge des zum Einkapseln einer Menge von Abfall benötigten Bindermaterials wird reduziert, wenn der Abfall in trockener fester Form vorliegt.

---

Gleichzeitig wird die Abfallstoffmenge, die in jedem Behälter angeordnet werden kann, erhöht, so daß die Anzahl der erforderlichen Behälter ebenfalls reduziert wird. Als Umhüllung des Abfallstoffs in einer Schutzhülle, wie dies hier beschrieben ist, wird entweder die Einkapselung in einer Grundmasse bzw. in einem Bindemittel oder die Anordnung des Abfallstoffs in Behältern angesehen. Vorsichtig geschätzt kann das Endvolumen des umhüllten Abfallstoffs aus den Abflüssen von Energieanlagen mit niedrigem radioaktiven Pegel um einen Faktor von wenigstens 5 bis 15 mit den Volumenreduktionsverfahren reduziert werden. Eine Reduzierung der Anzahl der Speicherbehälter erzeugt eine entsprechende Reduzierung in den Raum- und Geräteerfordernissen für die Zwischenlagerung, die Behälterhandhabung, den Behältertransport und die abschließende Aufbewahrung sowie der für alle diese Operationen erforderlichen Arbeitskraft.

Ein weiterer Vorteil der Volumenreduzierung besteht darin, daß dadurch eine sicherere Handhabung und eine günstigere Beseitigung des Abfallmaterials erreicht wird. Da kleinere Abfallmaterialmengen gehandhabt, gespeichert, transportiert und abschließend permanent beseitigt werden können, werden eine entsprechende Reduzierung trotz der Gefahr für das Personal und eine entsprechende Steigerung der Gerätenutzungsdauer verwirklicht. Die Sicherheit für die Umgebung wird sowohl durch die kleinere Anzahl der Abfallbehälter, also auch dadurch gesteigert, daß jegliche Gefahr einer Freisetzung des radioaktive Ionen enthaltenden Wasseranteils vermieden wird.

Trotz dieser bekannten Vorteile der Volumenreduktion haben sich

eine Anzahl von Schwierigkeiten bei der Entwicklung einer wirksamen Volumenreduktion ergeben. So hat man versucht, Dünnschichtverdampfer als Trocknungsvorrichtungen für Volumenreduktionssysteme einzusetzen. Sowie jedoch ein trockener Zustand erreicht wird, wird das Abfallkonzentrat eine schwere Paste mit Feststoffanteilen von über 60 Gew.-%. Diese Paste trocknet relativ langsam als Film. Um die Trocknung in einem Dünnschichtverdampfer zu erreichen, muß ein Vakuum zusammen mit einer relativ niedrigen Geschwindigkeit für die Materialvorwärtsbewegung längs der beheizten Oberfläche verwendet werden. Derartige Anlagen erfordern deshalb eine aufwendige Hilfsausrüstung, um das Vakuum zu erzeugen, so daß der Verdampfer nicht mit einem effizienten Durchsatz arbeiten kann, da der Beschickungsstrom durch die Trocknungsgeschwindigkeit des Films begrenzt wird. Zusätzlich muß die Beschickungsgeschwindigkeit sehr eng überwacht und gesteuert werden, so daß die Trocknung am Verdampferauslaß oder in der Nähe davon eintritt. Ein zu frühes Trocknen führt zu einer Blockierung der Transportdurchgänge und verstopft den Verdampferrotor. Unabhängig von einer solchen Steuerung tritt die Blockierung häufig bereits nach relativ kurzen Betriebszeiträumen aufgrund des allmählichen Aufbaus hart gewordener Konzentratschichten an der beheizten Wandfläche auf, wobei dieser Zustand durch die niedrige Menge des Materialvorschubs verschlimmert wird. Eine solche Anordnung arbeitet deshalb weitaus wirksamer als Konzentrator als als Trockner.

Zur Verwendung in Volumenreduktionssystemen wurden bereits andere Arten von Trocknern vorgeschlagen, beispielsweise Sprühtrockner und Trommeltrockner. Derartige Trockner erzeugen große Mengen von Staubteilchen, die schwierig aus den Austrittsgasströmen zu entfernen sind und die zu einer schnellen Erosion oder Verstopfung der Gasbehandlungsvorrichtung führen können. Sprühtrockner haben den weiteren Nachteil, daß sich Feststoffe in den Sprühdüsen und um die Sprühdüsen herum ansammeln und absetzen können und zu einer Blockierung führen. Trommeltrockner haben den Nachteil, daß es schwierig sein kann, die auf der beheizten Trommel gebildeten trockenen Schichten abzukratzen



oder auf andere Weise zu entfernen.

Obwohl einige der vorstehenden Probleme durch unvollständiges Trocknen des Konzentrats gelöst werden könnten, würde ein merklicher Feuchtegehalt im Abfallprodukt zu Problemen hinsichtlich der Eigenschaften des eingekapselten Produkts führen. Das Vorhandensein von Wasser in der radioaktiven Fraktion macht es schwierig, die Qualität des abschließend erhaltenen Produkts aus Abfall und Bindermittel zu steuern. Das heißt mit anderen Worten, daß die Zementmenge, die zur Herstellung der fertigen Masse verwendet werden muß, von dem Gesamtwassergehalt in der Mischung aus Abfallstoff und Bindemittel abhängt und daß die Wassermenge im nassen Konzentrat oder in den teilweise getrockneten Feststoffen schwanken kann und schwierig mit einem bestimmten Genauigkeitsgrad zu steuern ist. Als Folge stellte sich bei den bisherigen Verfahren entweder ein zu niedriger oder ein zu hoher Wassergehalt im eingekapselten Produkt ein. In einer Bitumengrundmasse bzw. in einem Bitumenbinder ist Wasser äußerst schädlich, da dieses Bindemittel erhitzt werden muß und bei erhitztem Bindemittel Wasserdampf gebildet wird, was den Einkapselungsprozeß stört. Wasser ist auch für die meisten Harzpolymerbinder schädlich, da es die Polymerisationsreaktion unterbindet. Aus diesen Gründen führt das Vorhandensein von Wasser in der Abfallfraktion zu einem Produkt, welches einen geringen Wasserwiderstand aufgrund des Vorhandenseins von nicht fixierten radioaktiven Ionen, die sich lösen können, einen geringen chemischen Widerstand und ein schlechtes Stukturgefüge, insbesondere im Hinblick auf die mechanische Festigkeit, hat.

Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe besteht deshalb darin, diese Nachteile zu vermeiden und vollständig getrocknete Feststoffabfallteilchen für das Umhüllen in einer ungewöhnlich hohen Menge zu erzeugen, wobei die Teilchen in eine Masse mit hohem Ganzheitsgrad eingekapselt werden sollen.

Zur Lösung dieser Aufgabe wird der zu verfestigende Abfallabstrom, dessen chemische Zusammensetzung sich je nach Herkunft ändern kann, einer chemischen Behandlung unterworfen, um den

pH-Wert auf einen Grundbereich von mehr als 7,0 einzustellen und/oder unlösbare Verbindungen durch Kernbildung und/oder Abscheidung der Abfallfeststoffe zu bilden, welche entweder in der Abfallflüssigkeit suspendiert oder gelöst sind. Wenn der Abstrom durch einen Druckwasserreaktor erzeugt wird, enthält er gewöhnlich Borsäure. In diesem Fall ist Kalk das bevorzugte chemische Reagens, um den pH-Wert einzustellen und um die Feststoffe solcher Abströme unlösbar zu machen. Es können auch andere Metallhydroxide verwendet werden, beispielsweise Hydroxide anderer Erdalkalimetalle. Wenn der Abstrom von einem Siedewasserreaktor kommt, enthält er gewöhnlich Sulfate, wofür das bevorzugte chemische Reagens Bariumnitrat ist. Andere Abströme, die erfindungsgemäß behandelt werden können, sind Abläufe aus Laboranlagen und anderen Kernindustriekomplexen oder kommen aus anderen Atomreaktoranlagen, beispielsweise in Form von Flüssigabfällen mit geringer und mittlerer Radioaktivität aus Aufbereitungsanlagen für verbrauchten Brennstoff.

Viele Abströme werden zunächst für wenigstens einen bestimmten Grad einer Anfangskonzentration in einem Abfallstoffbehandlungssystem der den Abfall erzeugenden Anlage unterworfen, beispielsweise in einem großvolumigen Verdampfer, ehe die Abgabe für eine Zwischenspeicherung in einem Lagertank erfolgt. Die erhaltene Lagertankflüssigkeit kann gelöste und /oder suspendierte Feststoffe in Mengen bis zu etwa 10 bis 25 Gew.-% enthalten. Die chemische Behandlung dieses Lagertankabfalls erfolgt entweder in einem Mischbehälter, dem das chemische Reagens zugesetzt wird, oder durch Zusetzen des chemischen Reagens direkt zu der nachstehend beschriebenen speziellen Trockeneinheit. Es wird ausreichend Reagens zugesetzt, um den pH-Wert über 7,0 anzuheben, vorzugsweise auf einen Bereich von 10 bis 12. Dieses Reagens wird in Wasser gelöst oder in trockenem Zustand zugesetzt. Das gewählte chemische Reagens soll radioaktive Ionen zu einer festen Masse nach dem Trocknen binden und vorzugsweise unlösliche Salze erzeugen, die in der Lage sind, aus der Lösung als suspendierte Feststoffe entweder unmittelbar oder nach einer

weiteren Konzentration des Abfallstoffs abgeschieden zu werden. Zusätzlich müssen die getrockneten Abfallfeststoffe mit dem Bindermaterial kompatibel sein und ein gekapseltes Produkt erzeugen, welches eine gute mechanische Festigkeit und einen ausreichenden chemischen Widerstand hat und ein im wesentlichen nicht auslaugbare Feststoffmischung bilden. Wenn das Reagens Kalk bzw. brennender Kalk ist, wird er bevorzugt in einer Menge zwischen 30 und 100 Gew.-% bezogen auf die gesamten Feststoffe im Abstrom zugesetzt. Wenn das Reagens Bariumnitrat ist, wird es vorzugsweise in einer Menge zwischen 20 und 50 Gew.-% bezogen auf die gesamten Feststoffe zugesetzt. Wenn das Reagens über einen gesonderten Mischkessel zugesetzt wird, wird die Abfallflüssigkeit vorzugsweise etwa 30 bis 60 min gerührt, um das chemische Reagens mit der Abfallflüssigkeit innig zu vermischen. Diese Lagerzeit für die Reagensmischung entfällt, wenn das chemische Reagens direkt in die spezielle Trocknereinheit eingeführt wird.

Entweder nach oder vor der chemischen Behandlung wird der Abfallstoff in einen Konzentrator geführt, bei dem es sich vorzugsweise um einen Dünnschichtverdampfer handelt und der entweder vertikal oder horizontal gebaut sein kann. Solche Verdampfer haben Leitplatten oder Rührflügel, die an einem Rotor sitzen, der sich mit einer relativ hohen Drehzahl im Bereich von 400 bis 1000 Upm dreht. Aufgrund dieser Drehzahl erzeugt die auf das Abfallmaterial durch die Wirkung der Flügel ausgeübte Zentrifugalkraft einen relativ dünnen Film an einer gegenüberliegenden Wand, die erhitzt ist, um Feuchte aus dem Film zu verdampfen. Obwohl die Wandtemperatur sich über einen weiten Bereich ändern kann, sollen diese Temperaturen vorzugsweise zwischen 150 und 300°C liegen. Solche Verdampfer arbeiten äußerst wirksam mit einer Auslaßkonzentration im Bereich von 30 bis 70 Gew.-% Feststoffen, vorzugsweise 40 bis 60 Gew.-%. Die in den Konzentraten zurückgehaltene Flüssigkeit ermöglicht es dem Rotor, mit optimaler Drehzahl zu arbeiten, wodurch der Konzentratdurchsatz optimiert wird und ein Trocknen des Konzentratfilms soweit, daß eine Blockierung des Abgabekanals und ein Zusetzen des Rotors eintreten könnte, vermieden wird.

Nach der Konzentration der Abfallflüssigkeit im Verdampfer wird das erhaltene Konzentrat zu einer speziellen Trocknungseinheit geführt, die aus einer Mischvorrichtung besteht, welche eine beheizte Wand und einen Rotor mit kräftigen Rührflügeln sowohl zur Bearbeitung eines schweren Konzentrats als auch zum zwangsweisen Vorwärtsbewegen dieses Konzentrats und des erhaltenen

trockenen Materials aufweist. Da die Energiezuführungshöhe, die für die Durchführung dieser Funktion pro Rotorumdrehung erforderlich ist, viel größer als beim Dünnschichtverdampfer ist, dreht sich der Mischerrotor mit einer beträchtlich langsameren Drehzahl, gewöhnlich im Bereich von 25 bis 75 Upm, vorzugsweise in einem Bereich von 40 bis 50 Upm.

In dem Mischer/Trockner wird das Konzentrat auf eine Temperatur von etwa 100°C, vorzugsweise in einem Bereich von 150 bis 300°C erhitzt. Bei diesen Temperaturen und bei Feststoffkonzentrationen von über 50% bildet das Konzentrat eine gehärtete Schicht oder Kruste an der erhitzten Oberfläche. Die Festigkeit der Rührflügel und die Drehzahl des Rotors sind so bemessen, daß diese Kruste in Teilchen aufgebrochen und getrocknet werden kann, ohne daß der Rotor festsetzt oder die Transportkanäle blockiert werden. Die Arbeitseinrichtungen umfassen auch ein oder mehrere wendelförmige Elemente, die von dem Rotor getragen werden, um das Konzentrat und die erhaltenen trockenen Teilchen zwangsweise vorwärts zu bewegen. Das wendelförmige Teil kann aus einem Blatt oder Flügel bestehen, der bezüglich der Rotorachse geneigt ist, um einen zwangsweisen Axialschub zum Mischerauslaß hin auszuüben. Die Mischvorrichtung kann weiterhin selbstreinigende Einrichtungen zum Entfernen hartgewordenen Konzentrats aus den inneren Mischelementen aufweisen.

Durch Abführen des Konzentrats aus dem Dünnschichtverdampfer, ehe es einen schweren, hart zu bearbeitenden Zustand erreicht, können wesentlich höhere Durchsätze verwendet werden. Stattdessen wird das schwere Konzentrat in einer erhitzten Mischvorrichtung mit robuster Bauweise getrocknet, die eine starke Misch- und Scherwirkung bei großen Durchsatz ausüben kann. Zusätzlich wir-

ken die Mischelemente und Elemente zur Vorwärtsbewegung miteinander und mit ortsfesten Flächen und anderen Elementen zur Erzielung einer Selbstreinigungswirkung zusammen, bei welcher hartgewordene Feststoffschichten abgeschert, entfernt und zerkleinert werden, so daß der Aufbau solcher Schichten an diesen Elementen und Flächen verhindert und ein feines pulverförmiges Produkt erzeugt wird. Der Mischer wird somit sowohl für das Trocknen des Konzentrats als auch für das Aufbrechen der hartgewordenen und zusammengebackenen Schichten des getrockneten Konzentrats verwendet. Zur Durchführung dieser Funktionen und zum Abschluß des Trocknungsprozesses bei optimalem Wirkungsgrad sind im Handel verfügbare Mischer relativ geringer Größe einsetzbar. Die Wärmekapazität und die Länge des Mischers ist so bemessen, daß die getrockneten Abfallfeststoffe den Mischerauslaß in Form eines freifließenden Pulvers erreichen. Somit wird erfindungsgemäß optimaler Gebrauch von den Betriebseigenschaften sowohl des Dünnschichtverdampfers als auch eines erhitzten Mischers gemacht, um ein optimal getrocknetes Abfallprodukt zu erzeugen.

Der Ausdruck "Dünnschichtverdampfer" umfaßt Trocknungseinrichtungen, die als Konzentrator verwendet werden können, vorausgesetzt, daß ein relativ dünner Film als Schicht an den beheizten Oberflächen gebildet wird und daß der Film nicht trocknen kann, sondern entfernt wird, ehe der Feuchtegehalt auf unter 30% reduziert ist. Der Dünnschichtkonzentrator kann entweder horizontal oder vertikal gebaut sein. Die bevorzugte Stärke des Konzentratfilms im Verdampfer liegt im Bereich von 0,5 bis 5 mm, vorzugsweise in einem Bereich von 1 bis 3 mm.

Der aus der Feuchte sowohl im Konzentrierabschnitt des Verdampfers als auch im Trocknungsabschnitt des Mischers gebildete Dampf wird durch eine Separatorvorrichtung geführt, um mitgeführte Feststoffe und irgendwelche überführte Flüssigkeitsströpfchen zu entfernen. Obwohl der Separator entweder vom Verdampfer oder vom Mischer/Trockner getrennt sein kann, hat der Verdampfer vorzugsweise einen integralen Teilchenseparatorabschnitt, wobei der Dampf

aus dem Mischer/Trockner zum Verdampfer zurückgeführt wird, wo er durch den integralen Separator zusammen mit dem Dampf aus dem Verdampfer hindurchgeht. Mit dem Entfernen der Teilchen wird der Überkopfdampfstrom, der auch nicht kondensierbare Gase enthalten kann, zu einem zusätzlichen Gasbehandlungssystem herkömmlicher Bauweise geführt. Dort wird der kondensierbare Teil gekühlt, um ein Kondensat zu erzeugen. Die nicht kondensierbaren Gase werden gefiltert und an ein kontrolliertes Ventilations-system abgegeben.

Die trockenen Teilchen des Abfallprodukts, das aus dem Mischer/Trockner abgeführt wird, kann dann als solches in einem Behälter-mantel, beispielsweise einer Stahltrommel gespeichert werden oder zuerst mit einem Bindermaterial vermischt werden, um die trockenen Teilchen einzukapseln. Das Einkapseln bzw. Einschließen ergibt eine Doppelummantelung für die radioaktiven Feststoffe, wobei der erste Mantel das verfestigte Bindermaterial und der zweite Mantel der Behälter für die Aufnahme eines Abfallstoffs und der Bindermischung vor der Bindemittelfestigung ist. Es kann jedoch eine einzige Umhüllung genügen, entweder das Bindermaterial oder der Behälter, was von den Verordnungen für die Handhabung und Speicherung der jeweiligen Behörden abhängt. Das Mischen des trockenen Abfallpulvers mit dem Binder bzw. der Grundmasse für das Einkapseln kann entweder diskontinuierlich im Chargenbetrieb oder kontinuierlich erfolgen. Beim chargenweisen Mischen nimmt ein gesonderter Mischer eine abgemessene Menge der trockenen Abfallteilchen und eine abgemessene Menge des Bindermaterials auf, wobei die Mischung gerührt wird, bis eine im wesentlichen homogene Masse erhalten wird. Bei einer kontinuierlichen Einkapselung kann anstelle des separaten Chargenmischers ein separater Mischer verwendet werden, der kontinuierlich arbeitet. Ein wesentliches Merkmal der Erfindung besteht jedoch darin, daß der letzte oder stromab liegende Teil des Mixers/Trockners als integraler Mischabschnitt für ein kontinuierliches Einkapseln der trockenen Abfallteilchen in eine Umhüllungsmasse verwendet werden kann. Für diesen Zweck ist der beheizte Mantel um die Wand des Trockners herum in zwei oder mehrere Mäntel aufgespal-

ten, wobei der stromauf liegende Mantel über die ersten 50 bis 70% der Mischer/Trockner-Länge normal erhitzt wird. Der stromab liegende Mantel umschließt den Bindermischabschnitt. In der vorliegenden Beschreibung wird ein beheizter Mischer ohne einen Bindermischabschnitt als "Trockner" bezeichnet, während der stromauf liegende beheizte Abschnitt des Mixers mit einem integralen Bindermischabschnitt als "Trocknungsabschnitt" bezeichnet wird.

---

Der Bindermischabschnitt kann nur soweit erhitzt werden, wie für das Einschließen des Feststoffabfalls in eine Bitumenmasse erforderlich ist. In dieser Hinsicht kann der Bindermischabschnitt gekühlt anstatt erhitzt werden, so daß die Temperatur der Copolymerisation eines Harzpolymerenbinders gesteuert werden kann, was zur Verbesserung der Eigenschaften des eingekapselten Endprodukts vorteilhaft sein kann. Das Einschließen des Abfallstoffs in Zement wird gewöhnlich bei Umgebungstemperatur oder darunter ausgeführt.

Dadurch, daß die trockenen Teilchen, die aus dem Trockner oder dem Trocknerabschnitt austreten, im wesentlichen frei von Feuchte sind, ist es möglich, einen ungewöhnlich hohen Prozentsatz von trockenen Abfallteilchen zu dem fertigen im Binder eingekapselten Produkt einzuschließen. Der Gewichtsprozentsatz des Feststoffabfalls bezüglich des Gesamtgemischs fällt vorzugsweise in den Bereich von 40 bis 70% und kann bis zu 75% gehen, ohne daß die Eigenschaften des eingekapselten Produkts nachteilig beeinflußt werden.

Es kann eine Vielzahl unterschiedlicher Materialien als Binder zum Einkapseln solcher hohen Prozentsätze von Feststoffen verwendet werden. Dazu gehören Bitumen, Harzpolymere und Zement. Der Bitumen hat vorzugsweise einen Durchdringungspunkt im Bereich von 40 bis 50. Bevorzugte Harzpolymere sind wärmehärtbare Polyesterharze. Vorzugsweise werden wärmehärtbare Harze verwendet, die durch Polymerisationsreaktionen von ungesättigten Glykolmonomeren, wie Propylenglykol mit Orthophthalsäure und einem Vinylmonomer, wie Styrol, gebildet werden.

Besonders wirtschaftliches Bindemittel pro m<sup>3</sup> Trockenabfall ist Zement, der etwa um die Hälfte weniger kostet als Bitumen und 1/10 bis 1/15 weniger als synthetische Harzpolymere. Zement hat auch den Vorteil, daß die Feststoffeinkapselung bei Umgebungstemperaturen erfolgen kann. Bevorzugt wird ein Zement mit einem Hohen Aluminiumoxidgehalt.

Ein weiteres wesentliches Merkmal der Erfindung ist das Einschließen der trockenen Abfallstoffteilchen in Zement und Wasser. Bereits verwendete Verfahren zur Volumenreduktion ergaben eine Abfallstoffaufschlammung, die nur teilweise konzentriert war und einen relativ hohen Prozentsatz an Wasser enthielt. Dieses Wasser mußte beim Zusetzen von Zement entweder in trockener Form oder als vorher gemischte Aufschlammung berücksichtigt werden. Infolge der relativ unbekannten und variablen Wassermenge im Abfallstoff vor der Zugabe des Zements war es extrem schwierig, die Qualität des Endprodukts zu steuern. Das Verhältnis des zugesetzten Zements zum gesamten Abfallstoff mußte in einen relativ schmalen Bereich fallen, um den Wasserbereich zu berücksichtigen, der im Abfallstoff vorhanden sein kann oder nicht vorhanden sein kann.

Dies ist ein spezielles Problem dort, wo nach der bisherigen Technik Zement als Bindermaterial mit einem nassen Konzentrat gemischt wurde, welches wenigstens einen Teil des Wassers aufweist, das für den abschließenden Zementbinder erforderlich ist. Es hat Fälle gegeben, in denen der Wasseranteil des Abfallstoffkonzentrats während des Einkapselungsprozesses nicht ausreichend festgelegt war, wodurch aufgelöste radioaktive Ionen freiblieben, so daß die Möglichkeit bestand, daß diese während der darauffolgenden Handhabung oder Lagerung freikommen.

Im Gegensatz zu diesen Maßnahmen befinden sich die Feststoffabfallteilchen gemäß der Erfindung in einem trockenen Zustand, wenn sie mit dem anorganischen Zement und dem Wasser vermischt werden. Dies ergibt dann ein Produkt, welches dem Produkt überlegen ist, bei welchem ein Teil des Wassers vom Abfallmaterial



mitgebracht wurde. Die relativen Anteile an zugesetztem Zement und zugesetztem Wasser können über einen relativ weiten Bereich variieren, ohne daß die Überlegenheit dieses Produkts nachteilig beeinträchtigt wird.

Das Wasser kann dem getrockneten Abfallstoff entweder mit dem Zement oder als vorgemischte Aufschlämmung oder ~~getrennt als un-~~abhängiger Bestandteil zugesetzt werden.

Ein weiteres wesentliches Merkmal der Erfindung besteht darin, daß ein gesondertes chemisches Behandlungsgefäß beseitigt oder umgangen wird und stattdessen ein stromauf liegender Abschnitt der speziellen Trocknereinheit als ein reagierender Mischabschnitt zum Mischen des chemischen Reagens mit dem Abfallstoffkonzentrat verwendet wird, um den pH-Wert einzustellen und/oder die Abfallstoffe unlöslich zu machen. Diese Arbeitsweise ist besonders vorteilhaft, wo Kalk bzw. gebrannter Kalk beim Behandeln von Boraten aus dem Druckwasserreaktor verwendet wird. Kalziumborat ist ein thixotropes gelartiges Material, welches an den Wänden von Transportleitungen kleben kann, wenn es dem Dünnschichtverdampfer stromauf zugegeben wird, insbesondere wo es im Hinblick auf den Abstand erwünscht ist, relativ lange Überführungsleitungen zwischen dem Verdampferauslaß und der speziellen Trocknungseinheit zu haben.

Der Kalk oder ein anderes chemisches Reagens wird anstatt als wässrige Lösung vorzugsweise im trockenen Zustand zugegeben, wodurch eine Steigerung der Menge des Wassers vermieden wird, welches durch das Verfestigungssystem verdampft werden muß. Dadurch, daß chemische Lösungen nicht mehr erforderlich sind, wird der Wirkungsgrad der Anordnung verbessert und es können Anlagen mit kleinerem Volumen eingesetzt werden, was Einsparungen hinsichtlich Betriebs- und Gerätekosten ergibt.

Das Fehlen der Feuchte in dem trockenen Abfallstoff erlaubt einen wirksamen Einsatz von Bitumen und Harzpolymeren. Wenn das Abfallkonzentrat wenig getrocknet wird, erzeugt die überschüssige Feuch-

te Wasserdampf, wenn der Kontakt mit dem heißen Bitumen zustandekommt. Die sich ergebende siedende Masse erzeugt eine unerwünschte Schäumwirkung. Für einen wirksamen Einsatz von Harzpolymeren wird ein gut getrocknetes Abfallprodukt bevorzugt, da jede Überschußfeuchte die Polymerisation der Harzmonomere beeinträchtigen und die Bildung eines wirksamen Umkapselungsmaterials verhindern kann.

---

Erfindungsgemäß ist auch die weitere Behandlung der trockenen Abfallteilchen hinsichtlich ihrer abschließenden Lagerung möglich. Eine solche Behandlung kann eine Kalzinierung und/oder eine Einkapselung in einer Glasmasse umfassen.

Die Erfindung ermöglicht eine relativ leichte und flexible Betriebskontrolle, die vorzugsweise auf einem Wassermassenausgleich zwischen dem dem Verdampfer zugeführten Strom und dem gesammelten Kondensat aus den kombinierten Dampfströmen aus dem Verdampfer und dem Trockner basiert. Durch differenzielle Vergleiche zwischen dem Gewicht der Einspeisung und dem Gewicht des gespeicherten Kondensats pro Zeiteinheit, kann die Menge an Trockenfeststoffen pro Zeiteinheit bestimmt werden, wobei man den durchschnittlichen Salz- und/oder Feststoffgehalt der Beschickung kennt.

Die Menge an getrocknetem Produkt, die aus dem Trockner abgeführt wird, kann kontinuierlich gemessen werden, so daß die Menge der Einkapselungsmasse kontinuierlich bestimmt werden kann. Alternativ können für den Chargenbetrieb dosierende Fülltrichter verwendet werden, um das Gewicht sowohl des trockenen Abfallstoffs als auch des Bindermaterials abzumessen, das der gesonderten Bindermischvorrichtung danach zugeführt wird. Erfindungsgemäß wird somit die Geschwindigkeit optimiert, mit welcher relativ verdünnte Feststofflösungen getrocknet werden können, wobei der kontinuierliche Betrieb der Prozeßanlage ohne Zusammenbruch oder Strömungsunterbrechung gesteigert werden und ein trockenes und pulverförmiges Feststoffabfallprodukt erzeugt werden kann. Die Eigenschaften des trockenen Abfallprodukts sind so, daß es mit hohen Feststoffwerten durch Bindemittel-

mischvorgänge eingekapselt werden kann, die relativ flexibel und einfach zu steuern sind und die hinsichtlich der Verhältnisse von Wasser und Zement in dem Bindemittelmateriale relativ unempfindlich sind.

Die Einkapselung bzw. Umschließung mit einem der drei genannten Bindemittel erzeugt ein Feststoffabfallprodukt, welches einen ungewöhnlichen chemischen und Auslaugwiderstand hat. Wenn das Bindemittel Zement oder ein Polymerisat ist, hat das Feststoffabfallprodukt einen außergewöhnlich hohen mechanischen Widerstand. Wenn das Bindemittel Zement in der spezifizierten Art ist, haben die Mischung aus Bindemittel und Abfallstoff den Vorteil eines schnellen Aushärtens bei Umgebungstemperatur, wodurch sich ein Endprodukt mit hohem Widerstand gegenüber Zerstörung unter Druck, also Zerbrechen, und gegenüber thermischer Zersetzung ergibt, d.h. das Produkt einen Feuerwiderstand hat.

Weitere Vorteile der Erfindung bestehen in der Möglichkeit, radioaktive Feststoffe entweder in Lösung oder in Suspension zu behandeln, jede Prozeßstufe unabhängig durchzuführen und zu steuern, was hinsichtlich der Einstellung der Prozeßparameter im Falle einer Änderung der Beschickungszusammensetzung oder von Änderungen der Umgebungsbedingungen Flexibilität und Einfachheit ergibt, trockene Abfallfeststoffe allein für eine Zwischenlagerung oder Dauerlagerung zu packen, wenn eine Umkapselung durch zukünftige Abfallstoffbehandlungsverfahren nicht erforderlich ist, Änderungen der Umkapselungsmaterialien und der Einrichtungen stromab vom Trockner oder des Trocknerabschnitts vorzunehmen, alle Verfahrensschritte ausgenommen der chemischen Behandlung und der Bindemittelleinkapselung ohne konstante Überwachung durch ein Bedienungspersonal auszuführen und Fernbetätigung und Fernsteuerung ohne spezielle Probleme vorzusehen, wobei normale Operationen, die keine Aktivität einer Bedienungsperson erfordern, innerhalb abgeschirmter Bereiche durchgeführt werden können. Der Prozeß erlaubt den Einsatz im Handel verfügbarer Einrichtungen mit nur geringfügigen Anpassungen und Modifizierungen. Die für den Prozeß erforderliche Vorrichtung ist leicht zu warten, hat minimale Anforderungen hinsichtlich der Zugäng-

lichkeit der abgeschirmten Zellen für Wartung und Reparaturen. Die Vorrichtungskonstruktion und die Anordnungen erfordern keine ungewöhnlichen Schwierigkeiten hinsichtlich der Auslegung. Die Zugangsmöglichkeiten werden nicht beeinträchtigt. Eine Reinigung der Vorrichtung kann durch Spülen der Innenflächen mit im Handel erhältlichen Reinigungskomplexen und/oder Lösungsmitteln erfolgen. Weiterhin hat die Erfindung alle bereits erwähnten Vorteile der Volumenreduktionsverfahren.

---

Anhand der Zeichnungen wird die Erfindung beispielsweise näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1. schematisch ein Fließbild der zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens erforderlichen Komponenten sowie der Leitungen zum Befördern der Materialien zwischen diesen Bauteilen und

Fig. 2 schematisch im Fließbild eine Modifizierung, bei welcher ein Teil der Trocknereinrichtung zum Mischen von getrocknetem Feststoffabfall mit einem Umkapselungsbindemittelmaterial anstelle des Einsatzes des gesonderten Mischers von Fig. 1 verwendet wird.

Bei der in Fig. 1 gezeigten Anordnung wird ein radioaktiver Flüssigkeitsabstrom aus einer nuklearen Vorrichtung durch eine Einrichtung 20 einem Verdampfer 22 mit großem Volumen zugeführt, ehe er durch eine Leitung 24 zu einem Speichertank 26 geführt wird. Durch eine Leitung 28 wird gereinigtes Wasser, das durch den Verdampfer 22 von Verunreinigungen befreit ist, zu einem gesteuerten Abführsystem zur Freigabe des gereinigten Wassers an die Umgebung abgeführt. Der Verdampfer 22 reduziert die flüssige Abfallmenge, die an Ort und Stelle gespeichert werden muß. Dieser Verdampfer und der Speichertank 26 bilden einen Teil eines herkömmlichen Abfallstoffbehandlungssystems für Kernenergieanlagen oder andere nukleare Vorrichtungen. Wenn die Menge der gelösten Feststoffe im Abstrom bereits relativ hoch ist, also größer als etwa 10 Gew.-%, kann der Verdampfer mit hoher Kapazität weggelassen werden.

Der flüssige Abfallstoff im Speichertank 26 enthält radioaktive Ionen, die in Form gelöster Feststoffe, suspendierter Feststoffe oder als Mischung von beiden vorliegen können. Diese Abfallflüssigkeit wird dann durch eine Leitung 30 zu einem chemischen Behandlungsgefäß 32 geführt, welches einen Rührer 34 und einen Präparationstank 36 für ein chemisches Reagens aufweist. Über eine Probenleitung 38 kann eine Flüssigkeitsprobe abgeführt werden, um die Menge der gelösten und/oder suspendierten Feststoffe im Gefäß 32 zu bestimmen. Nach der Zugabe von Kalk oder einem anderen geeigneten chemischen Reagens zu dem flüssigen Abfallstoff im Gefäß 32 können sich suspendierte Teilchen unlöslicher Salze bilden, wenn sie nicht bereits vorhanden sind, und zu einem Niederschlag koagulieren, der sich dann am Boden des Gefäßes durch Drehen des Rührers 34 während der gewünschten Absetzzeit absetzt. Von der abgesetzten Schicht der konzentrierteren Feststoffe kann dann die Flüssigkeit durch Abgießen getrennt werden, wobei eine obere Flüssigkeitslage 40 der Verdampferbeschickungsleitung 20 zurückgeführt wird. Die bevorzugten Arbeitszeiten zum Mischen eines chemischen Reagens mit dem flüssigen Abfallstoff liegen im Bereich von 30 bis 60 min. Wenn ein Abschütten der Abfallflüssigkeit erwünscht ist, reichen gewöhnlich Absetzzeiten von 30 bis 60 min aus.

Wenn der pH-Wert der Abfallflüssigkeit auf den bevorzugten Bereich der Verfestigung eingestellt worden ist, wird der Abfallstoff zu einem vertikalen Dünnschichtverdampfer 40 mittels einer Schlammpumpe 52 in der Verbindungsleitung 54 überführt. Der Dünnschichtverdampfer hat einen Rotor 56 und eine zylindrische Wand 58, die durch einen Mantel 60 erhitzt wird, dem ein Heizmedium, beispielsweise Wasserdampf durch eine Leitung 62 zugeführt wird, welches durch eine Leitung 64 abgeführt wird.

Durch einen Einlaß wird Abfallflüssigkeit zu einem Verteiler geführt, der die Flüssigkeit um den Innenumfang der erhitzten Wand 58 herum verteilt. Die Flüssigkeit strömt dann unter dem Einfluß der Schwerkraft von der erhitzten Wand nach unten, wo-

bei sie gegen die Wandfläche als dünner Film bzw. dünne Schicht durch Schaufeln oder Flügel des Rotors 56 gewischt wird. Wenn der flüssige Abfallstoff als über der Zylinderwand verbreitete dünne Schicht nach unten fließt, wird Feuchte ausgetrieben, so daß die Feststoffe konzentriert werden und ein Konzentrat bilden, ~~welches in einer unteren Kammer gesammelt und daraus durch einen~~ Konzentratauslaß 66 abgeführt wird. Der Konzentratauslaß 66 ist durch eine Leitung 68 mit dem Konzentrateinlaß des Trockners verbunden.

Obwohl gesonderte Teilchenseparatoren verwendet werden können, hat der bevorzugte Dünnschichtverdampfer einen Teilchenseparatorabschnitt 110 zum Entfernen sowohl von Flüssigkeit als auch von Feststoffteilchen, die mit dem freigesetzten Feuchtedampf mitgerissen worden sind.

In dem Dünnschichtverdampfer wird die Feuchte aus der Abfallflüssigkeit entfernt, wodurch die Konzentration der gelösten und/oder suspendierten Feststoffe erhöht wird, so daß ein Konzentrat gebildet wird, welches einen relativ hohen Prozentsatz an Feststoffen verglichen mit der zugeführten Flüssigkeit in der Leitung 54 hat. Die Wärmezuführung und der Beschickungsmengenstrom zum Verdampfer werden so gesteuert, daß das Niveau der Feststoffe am Auslaß 66 unter 70 Gew.-% verbleibt, wie dies bereits erläutert wurde.

Das Konzentrat aus dem Dünnschichtverdampfer wird durch eine Leitung 68 zu einem beheizten Trockner 70 abgeführt, der innere Mischelemente hat, die nachstehend erläutert werden. Der Trockner hat einen Mantel 72, so daß wenigstens ein Teil der Innenwand durch ein Heizmedium beheizt werden kann, das in den Mantel durch eine Leitung 74 eingeführt und aus dem Mantel durch eine Leitung 76 entfernt wird. Bei der bevorzugten Ausführungsform genügen die Wärmestromdichte und die beheizte Oberfläche, um die Feuchte aus dem Konzentrat unter Bildung eines trockenen Feststoffabfallmaterials vollständig zu entfernen. Die Temperatur der beheizten Fläche sowohl des Trockners als auch des Dünnschicht-

schichtverdampfers wird so gewählt, daß der gewünschte Betrag der zu entfernenden Feuchte in den jeweiligen Einheiten für einen Optimalbereich von Beschickungsmengenströmen erreicht wird, die durch die Pumpe 52 bestimmt werden.

---

Bei einer Ausführungsform hat der Trockner 70 ein Paar von zusammenwirkenden Rotoren, die für eine Umdrehung im Uhrzeigersinn in einem Gehäuse angeordnet sind. Das Gehäuse hat einen Heizmediumsdurchlaß, der von dem Heizmantel 72 gebildet wird. Vorzugsweise ist nur ein kleiner Spielraum zwischen den Spitzen der Mischflügel und den Wänden des Gehäuses und zwischen der geringsten Annäherung der ineinandergreifenden Flügel vorhanden. Die Mischflügel des Rotors können aus einer Vielzahl von Schaufeln und Blättern bestehen. Bei einer Anordnung bewegt ein schraubenförmiges Blatt bzw. ein schraubenförmiger Flügel zwangsweise das Konzentrat und die trockenen Teilchen vorwärts, die dabei erhalten werden, und zwar zum Trocknerauslaß. Dieser Flügel ist gefolgt von einem Paar von Mischflügeln. Daneben sind ein Paar von Misch- und Vorschiebflügeln angeordnet, die das zu bearbeitende Material sowohl mischen als auch vorwärts bewegen. Auf der Länge des Rotors kann auch ein viertes Paar von Flügeln vorgesehen werden, um das bearbeitete Material sowohl zu mischen als auch seine Vorwärtsbewegung zu verzögern.

Solche Verzögerungsschaufeln arbeiten mit den übrigen Schaufeln zusammen, um eine rückwärts- oder vorwärts gerichtete Arbeitsbewegung zu erhalten, um das hart werdende Material wirksam einer Scherwirkung zu unterwerfen und zu unterteilen. Es können verschiedenste Kombinationen von schraubenförmigen Flügeln und Mischschaufeln verwendet werden. So können schnurgerade Flügel verwendet werden, wenn eine hohe Verweilzeit erwünscht ist, während nur wendelförmige Flügel eingesetzt werden, wenn die Verweilzeit gering sein soll. Um den verschiedenen Anforderungen der Scherwirkungszeit und Verweilzeit zu genügen, kann die jeweilige Anzahl von geraden, in Vorschubrichtung geneigten und in Verzögerungsrichtung geneigten Schaufeln und Vorschubblättern

sowie ihre Anordnung in geeigneter Weise geändert werden.

Weiterhin können der Wärmezufuß zum Verdampfer und zum Trockner mittels Fernsteuerventilen 78 und 80 in den Leitungen 74 bzw. 82 separat geändert werden. Zusätzlich kann ein anderes Heizmedium für den Verdampfer und Trockner benutzt werden, beispielsweise Öl anstelle von Dampf. Es kann aus verschiedenen Quellen bei verschiedenen Temperaturen zugeführt werden. Möglich ist auch eine elektrische Heizeinrichtung.

Die Betriebsflexibilität des Systems wird weiterhin durch eine Bypassleitung 84 gesteigert, die ein fernbetätigtes Steuerventil 86 hat. Diese Leitung kann dazu verwendet werden, den Verdampfer 50 zu umgehen, oder um einen Teil der Abfallflüssigkeit oder die ganze Abfallflüssigkeit direkt aus dem chemischen Behandlungsgefäß 32 zum Trockner 70 zu überführen. Die Bypassleitung 84 kann zur Steigerung des Abfallflüssigkeitsstroms durch den Trockner verwendet werden, ohne daß der durch den Verdampfer 50 geschickte Strom zunimmt, wie dies dann erwünscht sein kann, wenn ein relativ hoher Pegel von Feststoffen in der Abfallflüssigkeit vom Behandlungsgefäß 32 vorhanden ist, also ein Feststoffgehalt im Bereich von 20 bis 50 Gew.-% und sogar höher gegeben ist. Die Umgehung des Verdampfers mit einem Teil der Arbeitsflüssigkeit kann auch dann erwünscht sein, wenn der verwendete Trockner eine beträchtlich größere beheizte Oberfläche hat oder bei einer merklich höheren Temperatur als der Verdampfer arbeitet.

Die Trocknungs- und Durchsatzkapazität des Trockners kann auch so gewählt werden, daß ein trockenes Abfallprodukt direkt aus der Abfallbeschickung erzeugt werden kann, die Konzentrationen von etwa 35% oder mehr aufweist. Dementsprechend kann dann, wenn die Stromaufverdampfung oder die Stromaufeinstellung besonders wirksam ist und in der Leitung 54 zu hohen Feststoffkonzentrationen führt, die gesamte Abgabe der Pumpe 52 direkt zum Trockner geschickt werden, ohne durch den Dünnschichtverdampfer hindurch zu gehen. Solche Feststoffkonzentrationen in der Abfallflüssig-



keit sind jedoch ungewöhnlich und schwierig ohne spezielle Konstruktionsverfahren oder Setzverfahren zu erreichen. Außerdem sind die Beschickungsgeschwindigkeiten zum Trockner relativ niedrig, so daß diese Komponente in der wirksamsten Weise nicht benutzt werden kann. Der aus dem Trockner austretende Wasserdampf enthält einen hohen Anteil an mitgerissenen Trockenteilchen, wodurch der Einsatz eines separaten mehrstufigen Teilchenseparators erforderlich würde, was zu den weniger bevorzugten Alternativen gehört. Ein Dünnschichtverdampfer mit einem internen Teilchenseparator und ein stromab davon liegender Trockner der beschriebenen Bauweise werden als beste Art zur Ausführung der Erfindung betrachtet.

Bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung sind eine Bypassleitung 87 zwischen dem Speichertank 86 und der Pumpe 52 und eine Chemikalienzusatzleitung 88 vorgesehen, um chemische Reagentien einzuführen, vorzugsweise im trockenen Zustand, und zwar direkt in den Trockner 70, wie dies in Fig. 1 gezeigt ist. Eine ähnliche Leitung 88a für die Chemikalienzusatzung kann auch zum Einführen von chemischen Reagentien direkt in den Trocknungsabschnitt des einstückigen Trockner/Mischers von Fig. 2 benutzt werden. Ein Ventil 89 in der Leitung 87 und ein Ventil 89a in der Leitung zwischen dem Mischgefäß 32 und der Pumpe 52 ermöglichen, daß der Flüssigkeitsabstrom aus dem Speichertank 26 an dem Gefäß 32 für den gesonderten Chemikalienzusatz vorbeiströmt und direkt zum Dünnschichtverdampfer 50 vor der chemischen Behandlung zugeführt wird, wie dies durch die vorgesehenen Leitungen 88 und 88a erreicht wird. Die Leitungen 88 und 88a können in den gleichen Trocknereinlaß wie die Leitung 68 oder durch einen gesonderten Einlaß einspeisen, der am Umfang oder axial im Abstand vom Einlaß entfernt ist, der das Konzentrat vom Verdampfer 50 aufnimmt.

Das im Trockner 70 erzeugte trockene pulverförmige Abfallmaterial wird zu einem Abmeßfülltrichter 90 gebracht, der durch ein Ventil 92 gesteuert wird. Wenn der Dosierfülltrichter wenigstens teilweise mit trockenen Teilchen gefüllt ist, wird das Abfall-

material chargenweise mit einem vorher festgelegten Gewicht an einen gesonderten Mischer 54 abgegeben, der einen Rührer 96 hat.

Abhängig vom Gewicht des abzuführenden trockenen Materials wird die gewünschte Menge des Bindemittelmateri als in einem Bindemittelmischtank 98 aufbereitet und dem Mischer 94 über eine Leitung 100 zugeführt. Die Bindemittelmischvorrichtung kann auch einen Zumeßfülltrichter 102 aufweisen, der so angeordnet ist, daß er automatisch ein Steuerventil 104 in der Leitung 100 betätigt, so daß eine vorher festgelegte Menge an gemischtem Bindemittelmaterial dem Bindemittelmischer zugeführt wird. Die trockenen Feststoffe und das Bindemittelmaterial werden dann ausreichend lang gemischt, so daß die trockenen Teilchen und das Bindemittelmaterial innig vermischt sind und ein im wesentlichen homogenes Gemisch bilden, das dann zu einem Speicherbehälter 106 in herkömmlicher Weise abgeführt wird. Der Behälter 106 ist wahlweise vorgesehen. Das Gemisch kann stattdessen in eine Form mit gewünschter Gestalt gegossen und zu einem Block gehärtet werden, der ohne Einschluß in einen Behälter weiter gehandhabt werden kann. Das Bindemittelmaterial umschließt praktisch alle radioaktiven Teilchen in einem auslaugfesten und chemisch resistenten Mantel. Auch wenn die Teilchen an der Oberfläche des verfestigten Bindemittels nicht vollständig in dem Bindemittelmaterial eingeschlossen sind, sind sie ausreichend fixiert, was von der Bindemittelzusammensetzung abhängt, wodurch ein anschließendes Handhaben innerhalb der anzuwendenden Verordnungen möglich ist. Als weitere Alternative kann der Mischer 94 weggelassen werden. Die trockenen Teilchen werden dann direkt in den Behälter 106 eingeschlossen, der mit einem abgedichteten Deckel versehen und gelagert werden kann.

Die aus dem Konzentrat im Trockner 70 entfernte Feuchte wird als Dampf zurück zum Verdampfer 50 über eine Leitung 68 im Gegenstrom zum Konzentrat geführt. Der Dampf aus dem Trockner vereinigt sich mit dem Dampf aus dem Dünnschichtverdampfer und fließt dann durch einen integralen Separatorabschnitt 110 in dem Verdampfer für das Entfernen mitgeführter Teilchen von

Feststoffen und Feuchtetröpfchen. Der Überkopfdampf, aus dem die mitgeführten Teilchen entfernt worden sind, wird durch eine Leitung 114 zu einem Kondensator 116 geführt, um die Feuchte von den nicht kondensierbaren Gasen zu trennen. Die Leitung 114 kann wahlweise einen Teilchenfilter 118 aufweisen, um Teilchen einzufangen, die durch den Teilchenseparator nicht entfernt worden sind. Die nicht kondensierbaren Gase aus dem Kondensator 116 gehen über eine Leitung 120 zu einem herkömmlichen Entlüftungssystem für eine gesteuerte Abgabe an die Atmosphäre. Das Entlüftungssystem hat eine Bank von hochwirksamen Filtern 122 und einen Abströmkamin 125.

Die Teilchentrennfunktion, die sowohl für den Trockner als auch den Verdampfer durch den Verdampferseparator 110 durchgeführt wird, reduziert das Mitreißen von trockenen Teilchen und Wassertröpfchen im Dampf, der den Trockner verläßt, von etwa 50 bis 100 g/m<sup>3</sup> in der Leitung 68 auf weniger als etwa 0,001 g/m<sup>3</sup> in der Verdampferdampfleitung 114. Obwohl eine völlig separate Teilchenseparatoreinheit, wie erwähnt, verwendet werden kann, ist eine relative aufwendige mehrstufige Einheit erforderlich, um den gleichen Entfernungsfaktor zu erreichen.

Kondensat aus dem Kondensator 116 wird einem Kondensattank 130 zugeführt, um eine Saughöhe für eine Pumpe 132 zum Entfernen des Kondensats mit niedrigem Aktivitätspegel aus dem Abfallverfestigungssystem zu schaffen. Abhängig von seinen Aktivitätspegeln kann das Kondensat zu dem gesteuerten Abfuhrsystem für gereinigte Fluide überführt oder über eine Leitung 134 zur Speiseleitung 20 des Verdampfer 22 mit hoher Kapazität rückgeführt werden.

Für die Zwecke der Betriebssteuerung wird der Kondensatstrom aus der Pumpe 132 durch einen Strömungsfühler 136 gemessen. Der Strom der chemisch behandelten Abfallflüssigkeitsbeschickung wird durch einen Strömungssensor 138 in der Leitung 54 erfaßt. Die jeweiligen Strömungssignale werden durch Geräteleitungen 140 bzw. 142 zu einem Aufzeichnungsgerät und einer Steuereinheit 144 übertragen, welche die Signale vergleicht und ein

Steuersignal zum Regeln der Drehzahl der Pumpe 52 über eine Geräteleitung 146 erzeugt.

In Fig. 2 ist eine Modifizierung gezeigt, bei welcher Bauelemente für ein kontinuierliches Einkapseln des trockenen Abfallpulvers vorgesehen sind. Bei dieser Ausführungsform erstreckt sich der Heizmantel 158 eines modifizierten Trockners 160 nur über einen Teil längs der tatsächlichen Länge des Trockners, vorzugsweise über 50 bis 70% der Wirkungslänge des Rotors dieses Bauelements. Die restlichen 30 bis 50% der Rotorlänge haben einen stromab liegenden Bindemittelmischabschnitt 162, der annähernd bei einer imaginären Linie 163 beginnt, welche das Ende des beheizten Trocknersektors 164 markiert. Das Bindemittelmaterial wird dem Mischabschnitt 162 aus dem Präparierungstank 165 kontinuierlich durch einen Schneckenförderer 166 oder irgendeinen anderen mit zwangsweiser Verdrängung arbeitenden Fördermechanismus für die Bindemittelmaterialien zugeführt. Das Abfallkonzentrat ist vollständig getrocknet und bildet trockene pulverförmige Teilchen zu dem Zeitpunkt, zu welchem die Abfallfeststoffe den Mischabschnitt 163 erreichen, der durch die gedachte Linie 163 begrenzt wird. Die Rotorbauelemente des Bindemittelmischabschnitts haben vorzugsweise die gleiche Ausgestaltung wie die Rotorbauelemente des stromauf liegenden Trocknerabschnitts, obwohl die Rotor- und Mischelemente dieser Abschnitte unterschiedlich sein können. Obwohl der Trocknerabschnittmantel 158 beheizt ist, hat der Bindemittelmischabschnitt vorzugsweise einen unabhängigen Wärmeaustauschmantel 168, der entweder erwärmt oder gekühlt werden kann, um für die Bindemittelmischung die optimale Temperatur zu erhalten. Somit kann der Mantel 168 verwendet werden, um die Mischabschnittswand zu erhitzen, wenn Bitumen verwendet wird, um dessen Fließfähigkeit zu erhalten, oder die Mischabschnittswand zu kühlen, wenn Zement oder Harzpolymere verwendet werden, um ein vorzeitiges Härten zu verhindern, welches sich sonst durch die Wärme ergeben würde, die von dem Trocknerabschnitt übertragen wird.

Dem Mantel 168 wird über eine Leitung 171 ein Heiz- oder Kühl-

medium, beispielsweise Wasserdampf bzw. Wasser, zugeführt.

Wenn das Bindemittelmaterial Zement ist, können der trockene Zement und Wasser im Tank 165 vorgemischt und als Aufschlämmung durch eine Leitung 167 für eine einstufige Mischung mit dem getrockneten Abfallstoff im Mischabschnitt 162 zugeführt werden.

Bei einer anderen bevorzugten Ausführungsform wird jedoch trockener Zement dem Mischabschnitt 162 über die Leitung 167 getrennt vom Wasser direkt zugeführt. Das Wasser wird ebenfalls direkt dem Mischabschnitt 162 über eine gesonderte Wasserzuführungsleitung 169 zugeführt. Der Auslaß der Leitung 169 in die Mischkammer des Trockners 160 ist im Abstand axial stromab und/oder im Abstand in Umfangsrichtung vom Auslaß der Leitung 167 angeordnet.

In gleicher Weise können gesonderte Systeme für die aufeinanderfolgende Zugabe zuerst von trockenem Zement und dann von Wasser bei der Chargeneinkapselungsanordnung von Fig. 1 verwendet werden. Bei dieser Anordnung sind der Bindemittel-tank 98 und die bezogenen Bestandteile so modifiziert, daß trockener Zement chargenweise in den separaten Mischer 94 eingeführt wird. Für die chargenweise Zuführung von Wasser sind ein nicht gezeigter Separatorzumeßfülltrichter und eine Wasserzugabeleitung zum Mischer 94 vorgesehen.

Gesonderte Systeme für die Zugabe verschiedener chemischer Bestandteile können ebenfalls bei den Ausführungsformen der Fig. 1 und 2 verwendet werden, wenn das Bindemittelmaterial ein Harzpolymer ist.

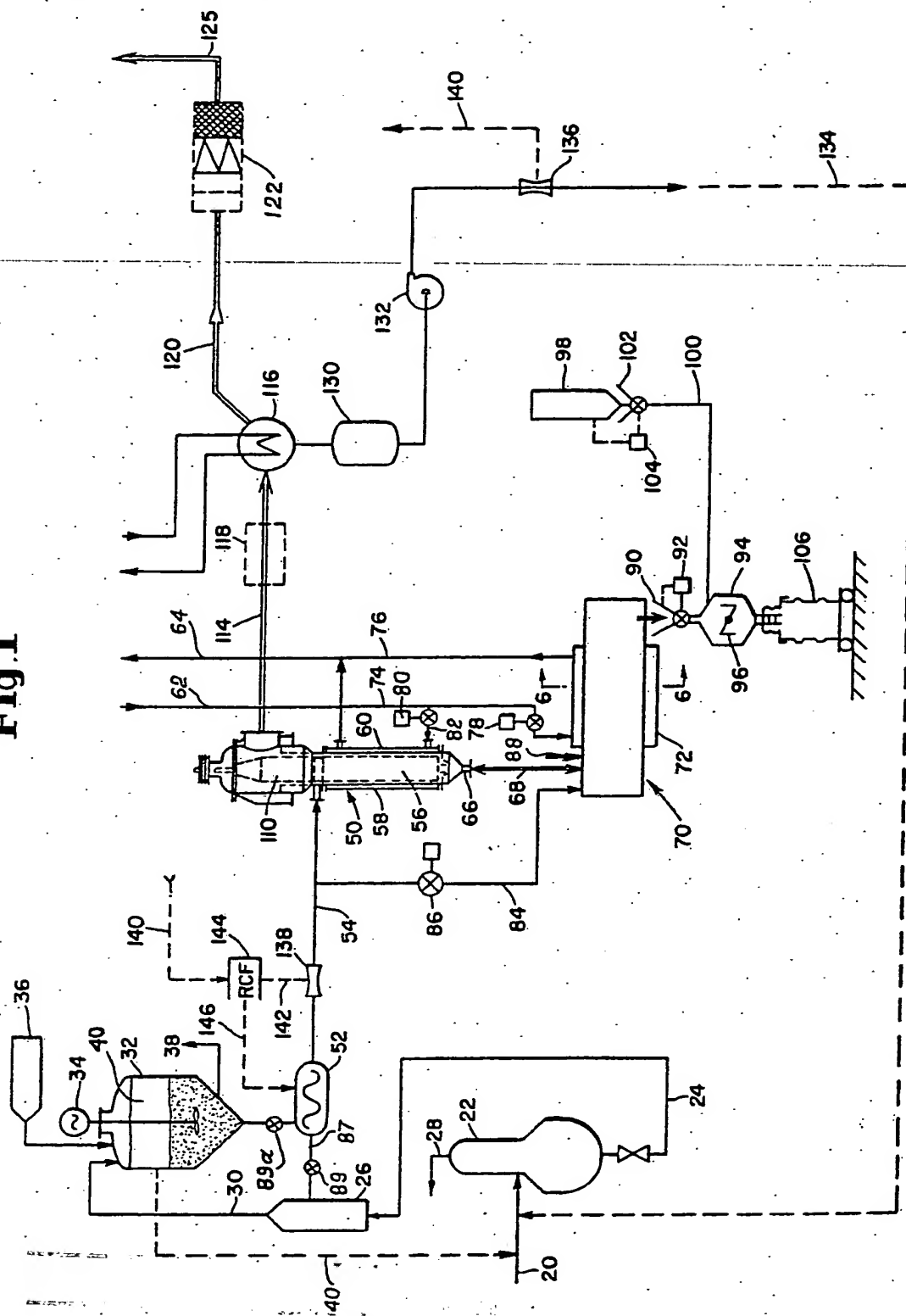
-29-  
Leerseite

---

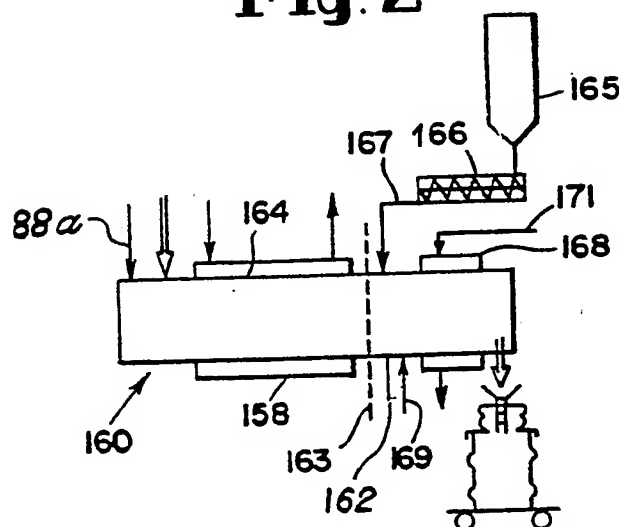
Nummer: 3114060  
 Int. Cl.<sup>3</sup>: G21F9/06  
 Anmeldetag: 7. April 1981  
 Offenlegungstag: 18. März 1982

-31-

Fig. 1



-30-

**Fig. 2**

DOCKET NO: TER-99P3269P  
SERIAL NO: \_\_\_\_\_  
APPLICANT: Gerhard Länger

LERNER AND GREENBERG P.A.  
P.O. BOX 2480  
HOLLYWOOD, FLORIDA 33022  
TEL. (954) 925-1100